

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 1 0 月 1 日
Date of Application:

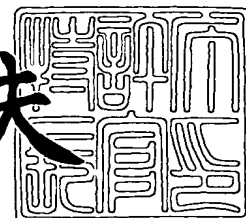
出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 2 8 9 2 1 0
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 2 - 2 8 9 2 1 0]

出 願 人 株式会社東芝
Applicant(s):

2 0 0 3 年 7 月 3 0 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 46B019410

【提出日】 平成14年10月 1日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/027

【発明の名称】 プロセスマージンの評価方法、測定条件の設定方法、プロセスマージンの評価プログラム、及び、測定条件の設定プログラム

【請求項の数】 7

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝
横浜事業所内

【氏名】 三本木 省次

【特許出願人】

【識別番号】 000003078

【氏名又は名称】 株式会社 東芝

【代理人】

【識別番号】 100083806

【弁理士】

【氏名又は名称】 三好 秀和

【電話番号】 03-3504-3075

【選任した代理人】

【識別番号】 100068342

【弁理士】

【氏名又は名称】 三好 保男

【選任した代理人】

【識別番号】 100100712

【弁理士】

【氏名又は名称】 岩▲崎▼ 幸邦

【選任した代理人】

【識別番号】 100100929

【弁理士】

【氏名又は名称】 川又 澄雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100108707

【弁理士】

【氏名又は名称】 中村 友之

【選任した代理人】

【識別番号】 100095500

【弁理士】

【氏名又は名称】 伊藤 正和

【選任した代理人】

【識別番号】 100101247

【弁理士】

【氏名又は名称】 高橋 俊一

【選任した代理人】

【識別番号】 100098327

【弁理士】

【氏名又は名称】 高松 俊雄

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 001982

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 プロセスマージンの評価方法、測定条件の設定方法、プロセスマージンの評価プログラム、及び、測定条件の設定プログラム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 パターンを被露光基板上に形成する露光のプロセスについて複数の露光量の設定値と複数のフォーカス位置の設定値を設定することと、

前記露光量の設定値と前記フォーカス位置の設定値の組合せ毎に、前記パターンの複数の疑似測定寸法を計算することと、

前記組合せ毎の前記疑似測定寸法に基づいて、複数の E D - t r e e を計算し、複数のマージンカーブを計算することと、

前記被露光基板の最大の高低差に相当する焦点深度での複数の前記マージンカーブの露光量の余裕度の分散を計算することを有することを特徴とするプロセスマージンの評価方法。

【請求項 2】 前記パターンの測定寸法が寸法分散を有し、

前記疑似測定寸法を計算することは、

前記組合せ毎に前記パターンの算出寸法を計算することと、

前記組合せ毎に前記寸法分散を有する複数の寸法乱数を発生させることと、

前記組合せ毎に前記算出寸法に前記寸法乱数を加えた複数の前記疑似測定寸法を計算することを有すること特徴とする請求項 1 に記載のプロセスマージンの評価方法。

【請求項 3】 前記露光量の実効値が光量分散を有し、前記フォーカス位置の実効値が位置分散を有し、

前記疑似測定寸法を計算することは、

前記組合せ毎に前記光量分散を有する複数の光量乱数を発生させることと、

前記組合せ毎に前記露光量の設定値に前記光量乱数を加えた複数の疑似露光量を計算すること

前記組合せ毎に前記位置分散を有する複数の位置乱数を発生させることと、

前記組合せ毎に前記フォーカス位置の設定値に前記位置乱数を加えた複数の疑似フォーカス位置を計算すること

前記組合せ毎に前記疑似露光量と前記疑似フォーカス位置に基づいて前記パターンの算出寸法を計算することにより、複数の前記疑似測定寸法を計算することを有すること特徴とする請求項 1 に記載のプロセスマージンの評価方法。

【請求項 4】 前記複数の露光量もしくは露光量の対数の設定値が一定の間隔で設定され、前記複数のフォーカス位置の設定値が一定の間隔で設定されること特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 つに記載のプロセスマージンの評価方法。

【請求項 5】 パターンを被露光基板上に形成する露光のプロセスについて複数の露光量の設定値を第 1 間隔毎の等間隔に設定し、複数のフォーカス位置の設定値を第 2 間隔毎の等間隔に設定することと、

前記露光量の設定値と前記フォーカス位置の設定値の組合せ毎に、前記パターンの複数の疑似測定寸法を計算することと、

前記組合せ毎の前記疑似測定寸法に基づいて、複数の E D - t r e e を計算し、複数のマージンカーブを計算することと、

前記被露光基板の最大の高低差に相当する焦点深度での複数の前記マージンカーブの露光量の余裕度の分散を計算することと、

前記露光量の余裕度の分散を小さくするためには、前記第 1 間隔又は前記第 2 間隔を小さくし、前記露光量の余裕度の分散を大きくするためには、前記第 1 間隔又は前記第 2 間隔を大きくすることを有することを特徴とする測定条件の設定方法。

【請求項 6】 パターンを被露光基板上に形成する露光のプロセスについて複数の露光量の設定値と複数のフォーカス位置の設定値を設定する手順と、

前記露光量の設定値と前記フォーカス位置の設定値の組合せ毎に、前記パターンの複数の疑似測定寸法を計算する手順と、

前記組合せ毎の前記疑似測定寸法に基づいて、複数の E D - t r e e を計算し、複数のマージンカーブを計算する手順と、

前記被露光基板の最大の高低差に相当する焦点深度での複数の前記マージンカーブの露光量の余裕度の分散を計算する手順をコンピュータに実行させることを特徴とするプロセスマージンの評価プログラム。

【請求項 7】 パターンを被露光基板上に形成する露光のプロセスについて複数の露光量の設定値を第 1 間隔毎の等間隔に設定し、複数のフォーカス位置の設定値を第 2 間隔毎の等間隔に設定する手順と、

前記露光量の設定値と前記フォーカス位置の設定値の組合せ毎に、前記パターンの複数の疑似測定寸法を計算する手順と、

前記組合せ毎の前記疑似測定寸法に基づいて、複数の E D - t r e e を計算し、複数のマージンカーブを計算する手順と、

前記被露光基板の最大の高低差に相当する焦点深度での複数の前記マージンカーブの露光量の余裕度の分散を計算する手順と、

前記露光量の余裕度の分散を小さくするためには、前記第 1 間隔又は前記第 2 間隔を小さくし、前記露光量の余裕度の分散を大きくするためには、前記第 1 間隔又は前記第 2 間隔を大きくする手順をコンピュータに実行させることを特徴とする測定条件の設定プログラム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体装置の製造方法のリソグラフィー技術に係り、特に、リソグラフィーのプロセスマージンの評価方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

リソグラフィーのプロセスマージンを評価するためには、露光量とフォーカス位置に対するレジストパターンの寸法の依存性を精度良く測定する必要がある。半導体装置の回路パターンが微細化し、レジストパターンの微細化に伴って、レジストのエッジラフネスおよび寸法測定装置の誤差などが無視できないくらいに大きいものとなってきている。レジストパターンの寸法を精度良く測定できないこと、すなわち、レジストパターンの寸法のバラツキによって、プロセスマージンが正確に評価できない場合がある。

【0003】

従来、レジスト寸法のバラツキには無関係に露光量とフォーカス位置を振って

露光を行い、レジスト寸法を測定しプロセスマージンを算出していた（例えば、特許文献 1、及び、特許文献 2 参照。）。算出されたプロセスマージンの再現性もしくは誤差を評価する手段に乏しかった。従って、プロセスマージンを過大にまたは過少に評価してしまう危険性があった。

【0004】

【特許文献 1】

特開平 10-199787 号公報（請求項 1、第 1 図）

【0005】

【特許文献 2】

特開平 02-224319 号公報（請求項 1）

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は上記事情に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、プロセスマージンを正確に評価することができるプロセスマージンの評価方法を提供することにある。

【0007】

本発明の目的は、プロセスマージンを有するプロセスの評価測定が可能な測定条件の設定方法を提供することにある。

【0008】

本発明の目的は、プロセスマージンを正確に評価することができるプロセスマージンの評価プログラムを提供することにある。

【0009】

本発明の目的は、プロセスマージンを有するプロセスの評価測定が可能な測定条件の設定プログラムを提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、本発明の第 1 の特徴は、パターンを被露光基板上に形成する露光のプロセスについて複数の露光量の設定値と複数のフォーカス位置の設定値を設定することと、露光量の設定値とフォーカス位置の設定値の組合

せ毎にパターンの複数の疑似測定寸法を計算することと、組合せ毎の疑似測定寸法に基づいて複数の E D - t r e e を計算し複数のマージンカーブを計算することと、被露光基板の最大の高低差に相当する焦点深度での複数のマージンカーブの露光量の余裕度の分散を計算することを有するプロセスマージンの評価方法にある。

【0011】

本発明の第2の特徴は、パターンを被露光基板上に形成する露光のプロセスについて複数の露光量の設定値を第1間隔毎の等間隔に設定し複数のフォーカス位置の設定値を第2間隔毎の等間隔に設定することと、露光量の設定値とフォーカス位置の設定値の組合せ毎にパターンの複数の疑似測定寸法を計算することと、組合せ毎の疑似測定寸法に基づいて複数の E D - t r e e を計算し複数のマージンカーブを計算することと、被露光基板の最大の高低差に相当する焦点深度での複数のマージンカーブの露光量の余裕度の分散を計算することと、露光量の余裕度の分散を小さくするためには第1間隔又は第2間隔を小さくし露光量の余裕度の分散を大きくするためには第1間隔又は第2間隔を大きくすることを有する測定条件の設定方法にある。

【0012】

本発明の第3の特徴は、パターンを被露光基板上に形成する露光のプロセスについて複数の露光量の設定値と複数のフォーカス位置の設定値を設定する手順と、露光量の設定値とフォーカス位置の設定値の組合せ毎にパターンの複数の疑似測定寸法を計算する手順と、組合せ毎の疑似測定寸法に基づいて複数の E D - t r e e を計算し複数のマージンカーブを計算する手順と、被露光基板の最大の高低差に相当する焦点深度での複数のマージンカーブの露光量の余裕度の分散を計算する手順をコンピュータに実行させるプロセスマージンの評価プログラムにある。

【0013】

本発明の第4の特徴は、パターンを被露光基板上に形成する露光のプロセスについて複数の露光量の設定値を第1間隔毎の等間隔に設定し複数のフォーカス位置の設定値を第2間隔毎の等間隔に設定する手順と、露光量の設定値とフォーカ

ス位置の設定値の組合せ毎にパターンの複数の疑似測定寸法を計算する手順と、組合せ毎の疑似測定寸法に基づいて複数の E D - t r e e を計算し複数のマージンカーブを計算する手順と、被露光基板の最大の高低差に相当する焦点深度での複数のマージンカーブの露光量の余裕度の分散を計算する手順と、露光量の余裕度の分散を小さくするためには第 1 間隔又は第 2 間隔を小さくし露光量の余裕度の分散を大きくするためには第 1 間隔又は第 2 間隔を大きくする手順をコンピュータに実行させる測定条件の設定プログラムにある。

【0014】

【発明の実施の形態】

以下図面を参照して、本発明の実施の形態と実施例を説明する。以下の図面の記載において、同一又は類似の部分には同一又は類似の符号を付している。ただし、図面は模式的なものであり、現実のものとは異なることに留意すべきである。また図面相互間においても互いの寸法の関係や比率の異なる部分が含まれるのはもちろんである。

【0015】

(第 1 の実施の形態)

(測定条件の設定装置 1 とプロセスマージンの評価装置 2)

本発明の第 1 の実施の形態に係るプロセスマージンを有するプロセスの評価測定が可能な測定条件の設定装置 1 は、図 1 に示すように、プロセスマージンの評価装置 2 と、所望の再現性設定部 12、測定刻み変更部 13 と入出力部 14 を有している。

【0016】

本発明の第 1 の実施の形態に係るプロセスマージンの評価装置 2 は、測定刻み等設定部 3、乱数発生分布の定義部 4、レジスト寸法算出部 5、乱数発生部 6、乱数付加部 7、E D - t r e e 算出部 8、マージンカーブ算出部 9、再現性算出部 10 と入出力部 11 を有している。

【0017】

測定刻み等設定部 3 では、半導体装置のレジストによる回路パターンを半導体基板上に形成する露光のプロセスについて複数の露光量の設定値を第 1 間隔毎の

等間隔に刻んで設定し、複数のフォーカス位置の設定値を第2間隔毎の等間隔に刻んで設定する。

【0018】

乱数発生分布の定義部4では、レジストのパターンの測定寸法がばらつき、分散を有する際に、この分散と同程度の分散の分布で発生する乱数を定義する。

【0019】

レジスト寸法算出部5では、露光量の設定値とフォーカス位置の設定値を入力することにより、レジストのパターンの算出寸法を算出する。

【0020】

乱数発生部6では、乱数発生分布の定義部4で定義された乱数を発生させる。

【0021】

乱数付加部7では、算出寸法に乱数を加え、疑似測定寸法を生成する。

【0022】

ED-tree算出部8では、露光量の設定値、フォーカス位置の設定値と疑似測定寸法からED-treeを算出する。

【0023】

マージンカーブ算出部9では、ED-treeからマージンカーブを算出する。

【0024】

再現性算出部10では、半導体基板の最大の高低差に相当する焦点深度での複数のマージンカーブの露光量の余裕度の分散を計算する。露光量の余裕度の分散が大きければ、露光量の余裕度がばらつきやすく、露光量の余裕度の再現性が低いと判断できる。

【0025】

入出力部11では、露光量の設定値、フォーカス位置の設定値と乱数の分散が入力され、露光量の余裕度の分散が出力される。

【0026】

所望の再現性設定部12では、プロセスマージンを有するプロセスの評価測定が可能な露光量の余裕度の分散を設定する。

【0027】

測定刻み変更部 13 では、複数の露光量の設定値の第 1 間隔と、複数のフォーカス位置の設定値の第 2 間隔を変更する。

【0028】

入出力部 14 では、所望の露光量の余裕度の分散を入力し、最適化された第 1 間隔と第 2 間隔を出力する。

【0029】

なお、測定条件の設定装置 1 は、測定条件の設定プログラムを実行するコンピュータにより実現することができる。また、プロセスマージンの評価装置 2 は、プロセスマージンの評価プログラムを実行するコンピュータにより実現することができる。

【0030】

(プロセスマージンの評価方法)

本発明の第 1 の実施の形態に係る第 1 のプロセスマージンの評価方法は、図 1 のプロセスマージンの評価装置 2 が実施する。第 1 のプロセスマージンの評価方法は、図 2 に示すように、まず、ステップ S 1 で、測定刻み等設定部 3 において、パターンを被露光基板上に形成する露光のプロセスについて複数の露光量の設定値 E_j ($j=1 \sim n$) と複数のフォーカス位置の設定値 F_i ($i=1 \sim m$) を設定する。また、所望のマージンカーブの本数を複数本に設定する。さらに、ステップ S 1 で、乱数発生分布の定義部 4 において、寸法乱数 R_{ij} の発生分布の分散を、パターンの測定寸法の分布の分散に等しくなるように設定する。

【0031】

ステップ S 2 で、引数 i と j を初期値 1 に設定する。

【0032】

ステップ S 3 で、レジスト寸法算出部 5 において、露光量の設定値 E_1 とフォーカス位置の設定値 F_1 の組合せ (1, 1) に対して、パターンの算出寸法 CD_{11} を計算する。算出寸法 CD_{11} は、パターン寸法のいわゆる疑似真値を与える。なお、算出寸法 CD_{11} の代わりに、実際の測定値を用いてもよい。

【0033】

ステップS4で、乱数発生部6において、組合せ(1, 1)に対して寸法乱数R11を発生させる。寸法乱数R11は、疑似真値に対してパターン寸法の疑似測定誤差を与える。

【0034】

ステップS5で、乱数付加部7において、組合せ(1, 1)に対して算出寸法CD11に寸法乱数R11を加えた疑似測定寸法CDr11を計算する。

【0035】

ステップS6で、全ての組合せ(i, j)について、疑似測定寸法CDrijを算出したか判断する。全ての組合せ(i, j)について算出していない場合は、ステップS7に進む。ステップS7で、引数i又はjに1を加え、ステップS3に戻る。全ての組合せ(i, j)について算出した場合は、ステップS8に進む。ステップS8で、ED-tree算出部8において、全ての組合せ(i, j)のフォーカス位置の設定値Fi、露光量の設定値Ejと疑似測定寸法CDrijを用いて、1組のED-treeを計算する。

【0036】

ステップS9で、マージンカーブ算出部9において、1組のED-treeから1本のマージンカーブを計算する。

【0037】

ステップS10で、所望のマージンカーブの本数に達したか判断する。達していない場合は、ステップS2に戻る。達した場合は、ステップS11に進む。

【0038】

ステップS11で、再現性算出部10において、被露光基板の最大の高低差に相当する焦点深度DOFにおける所望の本数のマージンカーブの露光量の余裕度の分布から分散を計算する。あるいは、露光装置の露光量の最大の変動に相当する露光量の余裕度における所望の本数のマージンカーブの焦点深度DOFの分布から分散を計算する。これらの分散が小さいほど再現性が高いことになる。

【0039】

プロセスマージンの評価方法の全てのステップは、それぞれコンピュータに実行させることが可能な手順として、コンピュータの内部メモリや外部メモリに記

憶されている。プロセスマージンの評価プログラムは、これらの手順により構成されている。

【0040】

第1の実施の形態のプロセスマージンの評価方法によれば、プロセスマージンの誤差を評価することができる。

【0041】

(測定条件の設定方法)

本発明の第1の実施の形態に係る測定条件の設定方法は、図1の測定条件の設定装置1が実施する。測定条件の設定方法は、図3に示すように、まず、ステップS21で、所望の再現性設定部12において、パターンを被露光基板上に形成する露光のプロセスについて複数の露光量の設定値 E_j ($j=1\sim n$)と複数のフォーカス位置の設定値 F_i ($i=1\sim m$)を設定する。また、所望の露光量余裕度の再現性、又は、焦点深度の再現性を設定する。具体的には、被露光基板の最大の高低差に相当する焦点深度DOFにおける所望の本数のマージンカーブの露光量の余裕度の分布の分散を設定する。あるいは、露光装置の露光量の最大の変動に相当する露光量の余裕度における所望の本数のマージンカーブの焦点深度DOFの分布の分散を設定する。

【0042】

次に、ステップS22で、プロセスマージンの評価装置2において、第1のプロセスマージンの評価方法を実行する。そして、露光量余裕度の再現性、又は、焦点深度の再現性を算出する。

【0043】

ステップS23において、算出された再現性と所望の再現性との大小関係を判断する。具体的には、算出された分散と所望の分散との大小関係を判断する。所望の再現性に対して算出された再現性が小さい(所望の分散に対して算出された分散が大きい)場合は、ステップS24に進み、測定刻みを小さくする。所望の再現性に対して算出された再現性が大きい(所望の分散に対して算出された分散が小さい)場合は、ステップS26に進み、測定刻みを大きくする。所望の再現性に対して算出された再現性が同等である(所望の分散に対して算出された分

散が同等である) 場合は、ステップ S 25 に進み、算出に用いた測定刻みを出力する。この出力された測定刻みを実際に測定する際の測定刻みとして用いることにより、評価されたプロセスマージンの誤差を許容値以下にするような露光量とフォーカス位置振りのサンプリング計画を決定できる。そして、サンプリング計画のサンプリング数を、プロセスマージンの誤差を許容値以下にする条件下で、最小にできる。

【0044】

なお、測定刻みの大小関係を明確にするために、複数の露光量もしくは露光量の対数の設定値 E_j が一定の間隔で設定され、複数のフォーカス位置の設定値 F_i が一定の間隔で設定されることが望ましい。

【0045】

測定条件の設定方法の全てのステップは、それぞれコンピュータに実行させることが可能な手順として、コンピュータの内部メモリや外部メモリに記憶されている。測定条件の設定プログラムは、これらの手順により構成されている。

【0046】

(第1の実施の形態の実施例)

(プロセスマージンの評価)

本発明の第1の実施の形態の実施例の第1のプロセスマージンの評価方法は、まず、図2のステップ S 1 で、図4 (a) に示すように、複数の露光量の設定値 5.25 mJ/cm^2 から 0.25 mJ/cm^2 間隔で 7.25 mJ/cm^2 までと、複数のフォーカス位置の設定値 $-0.4 \mu\text{m}$ から $0.2 \mu\text{m}$ 間隔で $0.4 \mu\text{m}$ までを設定する。露光量の測定値の刻み間隔は適正露光量を基準にして4%である。また、所望のマージンカーブの本数として10本に設定する。さらに、寸法乱数 R_{ij} の発生分布の分散 σ (σ は 2nm とした。) と平均値 0 を設定する。ここで、分散 σ はレジストのエッジラフネスまたは寸法測定における再現性など見かけ上のレジスト寸法を変化させうる分散値とする。寸法乱数 R_{ij} の発生分布の分布関数としては、任意の形状の分布関数を用いることができる。例えば、二項分布関数、ステップ関数、三角形形状の分布関数、台形形状の分布関数等を用いることができる。なお、引数 i と j は設定値の小さいものから順に割り当

てている。

【0047】

ステップS2で、引数*i*と*j*を初期値1に設定する。

【0048】

ステップS3で、露光量の設定値 5.25 mJ/cm^2 とフォーカス位置の設定値 $0.4 \mu\text{m}$ の組合せ(1, 1)に対して、パターンのレジスト寸法CD11として86nmを計算する。計算上の露光条件は、露光波長 $\lambda=193\text{nm}$ 、開口数 $\text{NA}=0.6$ 、照明のコヒーレンス $\sigma=0.3$ である。マスクはレベンソン型位相シフトマスクである。マスク寸法は70nmでレジストのターゲットは70nmある。

【0049】

ステップS4で、組合せ(1, 1)に対して寸法乱数R11として2nmを発生させる。

【0050】

ステップS5で、組合せ(1, 1)に対してレジスト寸法CD11の86nmに寸法乱数R11の2nmを加える。図4(b)に示すように、和として疑似測定値CDr11の88nmが求まる。

【0051】

ステップS6で、全ての組合せ(*i*, *j*)について、疑似測定値CDr*ij*を算出したか判断する。全ての組合せ(*i*, *j*)について算出していないので、ステップS7に進む。ステップS7で、引数*i*に1を加え、ステップS3に戻る。

【0052】

同様にして、全ての組合せ(*i*, *j*)について疑似測定値CDr*ij*を算出した場合のレジスト寸法CD*ij*を図4(a)に示している。疑似測定値CDr*ij*を図4(b)に示している。

【0053】

次に、ステップS8で、ED-tree算出部8において、全ての組合せ(*i*, *j*)のフォーカス位置の設定値*F_i*、露光量の設定値*E_j*と疑似測定寸法CDr*ij*を用いて、1組のED-treeを計算する。疑似測定寸法CDr*ij*は、回帰分析を行い平滑化しておく。

【0054】

この平滑化により、図5に示すような、各フォーカス位置の設定値での疑似測定寸法CD_rが、レジスタターゲット寸法に対して90%、100%、110%になる露光量を算出する。このことによって、図5の実線のED-treeを求めることができる。なお、図5の点線のED-treeは、寸法乱数Rを付加していない算出したレジスタ寸法CDに対するものである。ED-treeの実線と点線の曲線が完全には一致していないことがわかる。また、レジスタ寸法の余裕度は±7nmとして、レジスタ寸法のターゲット寸法からの差のターゲット寸法に対する比が±10%に設定されている。

【0055】

ステップS9で、マージンカーブ算出部9において、図5の実線の疑似測定寸法CD_rのED-treeからマージンカーブを計算する。図6に示すように、レジスタ寸法の余裕度に基づくED-treeから、プロセスマージンのウィンドウM1乃至M3を設定する。ウィンドウM1乃至M3の横幅に相当する露光量の対数の差の、ウィンドウM1乃至M3の左辺の示す露光量の対数に対する比を、露光量の余裕度EL1乃至EL3とする。ウィンドウM1乃至M3の縦幅に相当するフォーカス位置の差を、焦点深度DOF1乃至DOF3とする。図7に示すマージンカーブ21とは、露光量余裕度EL1乃至EL3と焦点深度（いわゆるフォーカス余裕度）DOF1乃至DOF3の関係である。なお、図7の点線のマージンカーブは、図5の点線のED-treeに基づくマージンカーブである。実線のマージンカーブ21は点線のマージンカーブからずれていることがわかる。

【0056】

ステップS10で、所望のマージンカーブの本数の10本に達したか判断する。達していないのでステップS2に戻り、10本に達するまでこのループを繰り返す。図7に示すような10本のマージンカーブ21乃至30が得られる。

【0057】

ステップS11で、被露光基板の最大の高低差に相当する焦点深度0.3μmにおける10本のマージンカーブの露光量の余裕度の分布から分散を計算する。焦点深度0.3μmにおける点線のマージンカーブの露光量の余裕度ELは19.7%であっ

た。焦点深度 $0.3\mu\text{m}$ における実線のマージンカーブ 21 乃至 30 の露光量の余裕度 EL の平均値は 19.5% であった。焦点深度 $0.3\mu\text{m}$ における実線のマージンカーブ 21 乃至 30 の露光量の余裕度 EL の分布の分散 σ_{EL} の 3 倍の分散 $3\sigma_{\text{EL}}$ は 4.8% であった。

【0058】

これらのマージンカーブ 21 乃至 30 の分布する範囲の幅がリソグラフィープロセスマージンの再現性もしくは誤差を与える。リソグラフィープロセスマージンの再現性を大きくするには、マージンカーブ 21 乃至 30 の分布する範囲の幅を狭くする。狭い範囲の幅は小さい分散 $3\sigma_{\text{EL}}$ で表される。このように、プロセスマージンの再現性等を見積もることができる。

【0059】

(測定条件の設定)

本発明の第 1 の実施の形態の実施例に係る測定条件の設定方法は、まず、図 3 のステップ S 21 で、焦点深度 $0.3\mu\text{m}$ における 10 本のマージンカーブの露光量の余裕度の分布の所望の分散 $3\sigma_{\text{EL}}$ として 3.0% を設定する。なお、露光量の設定値とフォーカス位置の設定値は、図 2 のステップ S 1 の図 4 (a) と同様に設定した。

【0060】

次に、ステップ S 22 で、第 1 のプロセスマージンの評価方法を実行する。そして、焦点深度 $0.3\mu\text{m}$ におけるマージンカーブ 21 乃至 30 の露光量の余裕度 EL の分布の分散 σ_{EL} の 3 倍の分散 $3\sigma_{\text{EL}}$ として 4.8% を出力する。すなわち、図 8 に示すように、露光量の設定値の刻み間隔として、適正露光量を基準にして 4%、これは、露光量の設定値の $5.25\text{mJ}/\text{cm}^2$ から $0.25\text{mJ}/\text{cm}^2$ 間隔で $7.25\text{mJ}/\text{cm}^2$ までに相当し、複数のフォーカス位置の設定値の刻み間隔として 200nm である A 点で、分散 $3\sigma_{\text{EL}}$ が 4.8% である。

【0061】

同様にして、露光量の設定値の刻み間隔 ΔE と、フォーカス位置の設定値の刻み間隔 ΔF とを変えて露光量余裕度の分散 $3\sigma_{\text{EL}}$ を求めると、図 8 に示すような露光量余裕度の分散 $3\sigma_{\text{EL}}$ の等高線が得られる。これより、算出された分散 3σ

ELを小さくするには、露光量の設定値の刻み間隔 ΔE 、又は、フォーカス位置の設定値の刻み間隔 ΔF を小さくすればよい。逆に、算出された分散 $3\sigma_{EL}$ を大きくするには、露光量の設定値の刻み間隔 ΔE 、又は、フォーカス位置の設定値の刻み間隔 ΔF を大きくすればよい。

【0062】

ステップS23において、算出された分散 $3\sigma_{EL}$ の4.8%と所望の分散3.0%との大小関係を判断する。所望の分散に対して算出された分散が大きいため、ステップS24に進み、図8のB点として示すように、フォーカス位置の設定値の刻み間隔 ΔF を75nmまで小さくする。B点において、分散 $3\sigma_{EL}$ が3.0%となる。所望の再現性に対して算出された再現性が同等であるので、ステップS25に進み、算出に用いた露光量の設定値の刻み間隔 ΔE の4%とフォーカス位置の設定値の刻み間隔 ΔF の75nmを出力する。また、例えば、分散 $3\sigma_{EL}$ を3%以下に抑えたい場合には、露光量の設定値の刻み間隔 ΔE は3%で、フォーカス位置の設定値の刻み間隔 ΔF は100nmであってもよい。これらの出力された測定刻みを実際に測定する際の測定刻みとして用いることにより、評価されたプロセスマージンの誤差を許容値以下にするような露光量とフォーカス位置振りのサンプリング計画を決定できる。そして、このサンプリング計画で決定されたプロセス条件としての露光量とフォーカス位置の設定値は、補償可能な精度を持ったプロセスマージンを備えることになる。

【0063】

(第2の実施の形態)

本発明の第2の実施の形態に係る第2のプロセスマージンの評価方法は、図1のプロセスマージンの評価装置2が実施する。第2のプロセスマージンの評価方法は、図9に示すように、まず、ステップS13、測定刻み等設定部3において、パターンを被露光基板上に形成する露光のプロセスについて複数の露光量の設定値 E_j ($j=1\sim n$)と複数のフォーカス位置の設定値 F_i ($i=1\sim m$)を設定する。また、所望のマージンカーブの本数を複数本に設定する。さらに、ステップS13で、乱数発生分布の定義部4において、光量乱数 Re_{ij} の発生分布の分散を、露光装置の露光量の実効値の分布の分散に等しくなるように設定する。

。位置乱数 R_{fij} の発生分布の分散を、露光装置のフォーカス位置の実効値の分布の分散に等しくなるように設定する。

【0064】

ステップ S2 で、引数 i と j を初期値 1 に設定する。

【0065】

ステップ S14 で、乱数発生部 6 において、組合せ (1, 1) に対して位置乱数 R_{f11} を発生させる。ステップ S15 で、乱数付加部 7 において、組合せ (1, 1) に対してフォーカス位置の設定値 F_1 に位置乱数 R_{f11} を加えた疑似フォーカス位置 F_{r11} を計算する。

【0066】

ステップ S16 で、乱数発生部 6 において、組合せ (1, 1) に対して光量乱数 R_{e11} を発生させる。ステップ S17 で、乱数付加部 7 において、組合せ (1, 1) に対して露光量の設定値 E_1 に光量乱数 R_{e11} を加えた疑似露光量 E_{r11} を計算する。

【0067】

ステップ S18 で、レジスト寸法算出部 5 において、疑似露光量 E_{r11} と疑似フォーカス位置 F_{r11} の組合せ (1, 1) に対して、疑似測定値 CD_{r11} を計算する。

【0068】

次に、ステップ S6 に進む。以降の第 2 の実施の形態のプロセスマージンの評価方法は、第 1 の実施の形態のプロセスマージンの評価方法と同じである。

【0069】

第 2 の実施の形態のプロセスマージンの評価方法によれば、プロセスマージンの誤差を評価することができる。なお、第 1 の実施の形態のプロセスマージンの評価方法と第 2 の実施の形態のプロセスマージンの評価方法は、合わせて疑似測定値 CD_{rij} を算出することにより、より高い精度でプロセスマージンの誤差を評価することができる。

【0070】

(第 2 の実施の形態の実施例)

本発明の第2の実施の形態の実施例の第2のプロセスマージンの評価方法は、まず、図9のステップS13で、図10に示すように、複数の露光量の設定値 0.8 mJ/cm^2 から 0.05 mJ/cm^2 間隔で 1.15 mJ/cm^2 までと、複数のフォーカス位置の設定値 $-0.4 \mu\text{m}$ から $0.1 \mu\text{m}$ 間隔で $0.3 \mu\text{m}$ までを設定する。露光量の測定値の刻み間隔は適正露光量を基準にして5%である。また、所望のマージンカーブの本数として32本に設定する。さらに、光量乱数の分散 σ_e を1%に、位置乱数の分散 σ_f を 100 nm に設定する。光量乱数の平均値は0に設定する。位置乱数の平均値も0に設定する。

【0071】

ステップS2で、引数 i と j を初期値1に設定する。

【0072】

ステップS14で、組合せ $(1, 1)$ に対して位置乱数 R_{f11} を発生させる。ステップS15で、組合せ $(1, 1)$ に対してフォーカス位置の設定値 F_1 に位置乱数 R_{f11} を加えた疑似フォーカス位置 F_{r11} を計算する。ステップS16で、組合せ $(1, 1)$ に対して光量乱数 R_{e11} を発生させる。ステップS17で、組合せ $(1, 1)$ に対して露光量の設定値 E_1 に光量乱数 R_{e11} を加えた疑似露光量 E_{r11} を計算する。ステップS18で、疑似露光量 E_{r11} と疑似フォーカス位置 F_{r11} の組合せ $(1, 1)$ に対して、疑似測定値 CD_{r11} を計算する。露光量の設定値 0.8 mJ/cm^2 とフォーカス位置の設定値 $-0.4 \mu\text{m}$ の組合せ $(1, 1)$ に対して、パターンの疑似測定値 CD_{r11} として $0.087 \mu\text{m}$ を計算する。計算に用いた露光条件は、露光波長 λ が 248 nm で、開口数 NA が 0.68 で、照明のコヒーレンス σ が 0.75 で、輪帯遮蔽率 ϵ が $2/3$ で、マスクが6%透過率のハーフトーン型位相シフトマスクである。マスク寸法は 130 nm である。

【0073】

なお、さらに、図10に示すように、疑似測定値 CD_{r11} に平均値が0で、分散 σ_{CD} が 2 nm の寸法乱数を加えてもよい。ここで、分散 σ_{CD} はレジストのエッジラフネスまたは寸法測定における再現性など見かけ上のレジスト寸法を変化させうる分散値とする。

【0074】

次に、ステップS6に進む。以降の第2の実施の形態のプロセスマージンの評価方法は、第1の実施の形態のプロセスマージンの評価方法と同じである。回帰分析を行い、データを平滑化する。各フォーカス位置での疑似測定値CD_{r11}が、ターゲット寸法130nmに対して寸法の余裕度は±13nmの範囲内になるように露光量を算出し、ED-treeを求める。そして、図11に示すように、32本のマージンカーブを求める。これらの32本のマージンカーブの分布する範囲の幅がリソグラフィープロセスマージンの再現性もしくは誤差を与える。焦点深度を0.3μmにおける、露光量の余裕度の分散 σ_{EL} は1.5%と評価できた。このように、第2の実施の形態のプロセスマージンの評価方法によれば、プロセスマージンの誤差を評価することができる。

【0075】**【発明の効果】**

以上述べたように、本発明によれば、プロセスマージンを正確に評価することができるプロセスマージンの評価方法を提供できる。

【0076】

本発明によれば、プロセスマージンを有するプロセスの評価測定が可能な測定条件の設定方法を提供できる。

【0077】

本発明によれば、プロセスマージンを正確に評価することができるプロセスマージンの評価プログラムを提供できる。

【0078】

本発明によれば、プロセスマージンを有するプロセスの評価測定が可能な測定条件の設定プログラムを提供できる。

【図面の簡単な説明】**【図1】**

本発明の第1の実施の形態に係るプロセスマージンを加味した測定条件の設定装置の構成図である。

【図2】

本発明の第1の実施の形態に係るプロセスマージンの評価方法のフローチャートである。

【図3】

本発明の第1の実施の形態に係るプロセスマージンを加味した測定条件の設定方法のフローチャートである。

【図4】

本発明の第1の実施の形態の実施例のプロセスマージンの評価方法において算出されたレジスト寸法に発生させた乱数を加算するステップを説明するための図である。(a)は乱数加算前におけるレジスト寸法の露光量およびフォーカス位置依存性であり、(b)は乱数加算後の同様の依存性である。

【図5】

本発明の第1の実施の形態の実施例のプロセスマージンの評価方法におけるED-treeを表す図である。

【図6】

本発明の第1の実施の形態の実施例のプロセスマージンの評価方法における焦点深度と露光量の余裕度の関係を表すマージンカーブを説明するための図である。

【図7】

本発明の第1の実施の形態の実施例のプロセスマージンの評価方法におけるマージンカーブのばらつきを表す図である。

【図8】

本発明の第1の実施の形態の実施例のプロセスマージンを加味した測定条件の設定方法を説明するための図である。

【図9】

本発明の第2の実施の形態に係るプロセスマージンの評価方法のフローチャートである。

【図10】

本発明の第2の実施の形態の実施例のプロセスマージンの評価方法において算出されたレジスト寸法に発生させた乱数を加算するステップを説明するための図である。

【図 11】

本発明の第2の実施の形態の実施例のプロセスマージンの評価方法におけるマージンカーブのばらつきを表す図である。

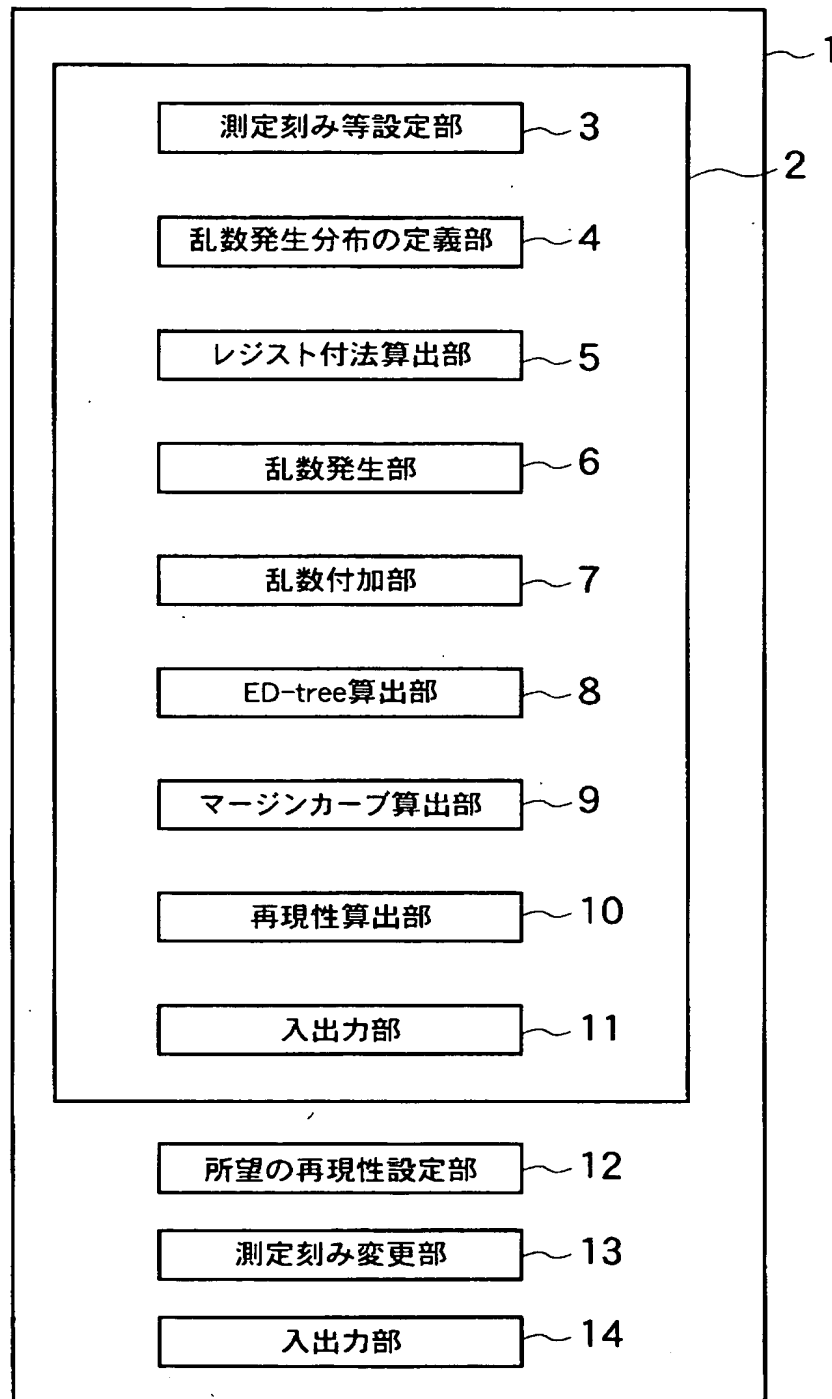
【符号の説明】

- 1 プロセスマージンを加味した測定条件の設定装置
- 2 プロセスマージンの評価装置
- 3 測定刻み等設定部
- 4 乱数発生分布の定義部
- 5 レジスト寸法算出部
- 6 乱数発生部
- 7 乱数付加部
- 8 E D - t r e e 算出部
- 9 マージンカーブ算出部
- 10 再現性算出部
- 11 入出力部
- 12 所望の再現性設定部
- 13 測定刻み変更部
- 14 入出力部
- 21乃至30 マージンカーブ
- D O F 1乃至D O F 3 焦点深度
- E L 1乃至E L 3 露光量の余裕度
- M 1乃至M 3 プロセスマージンのウィンドウ

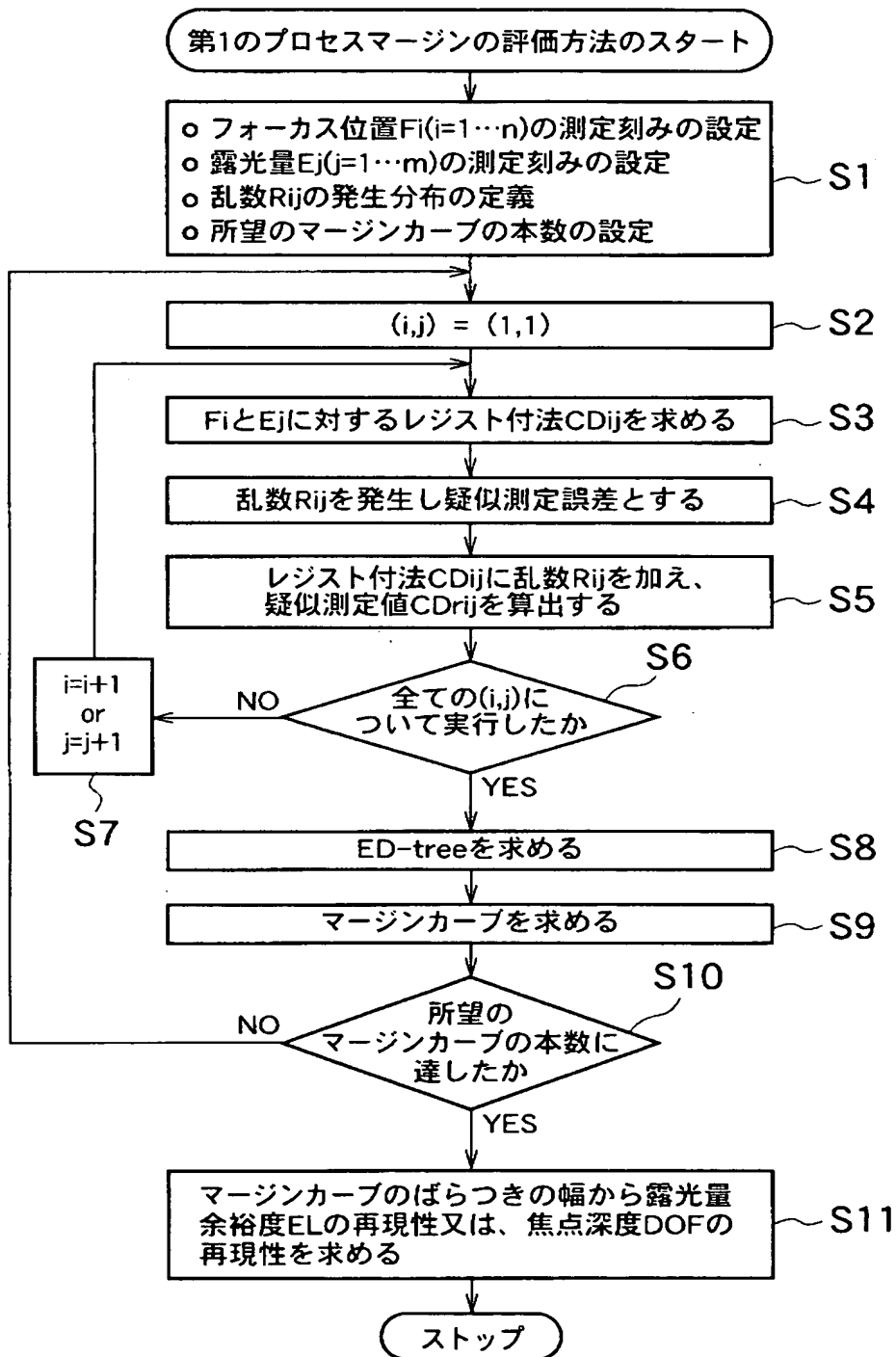
【書類名】

図面

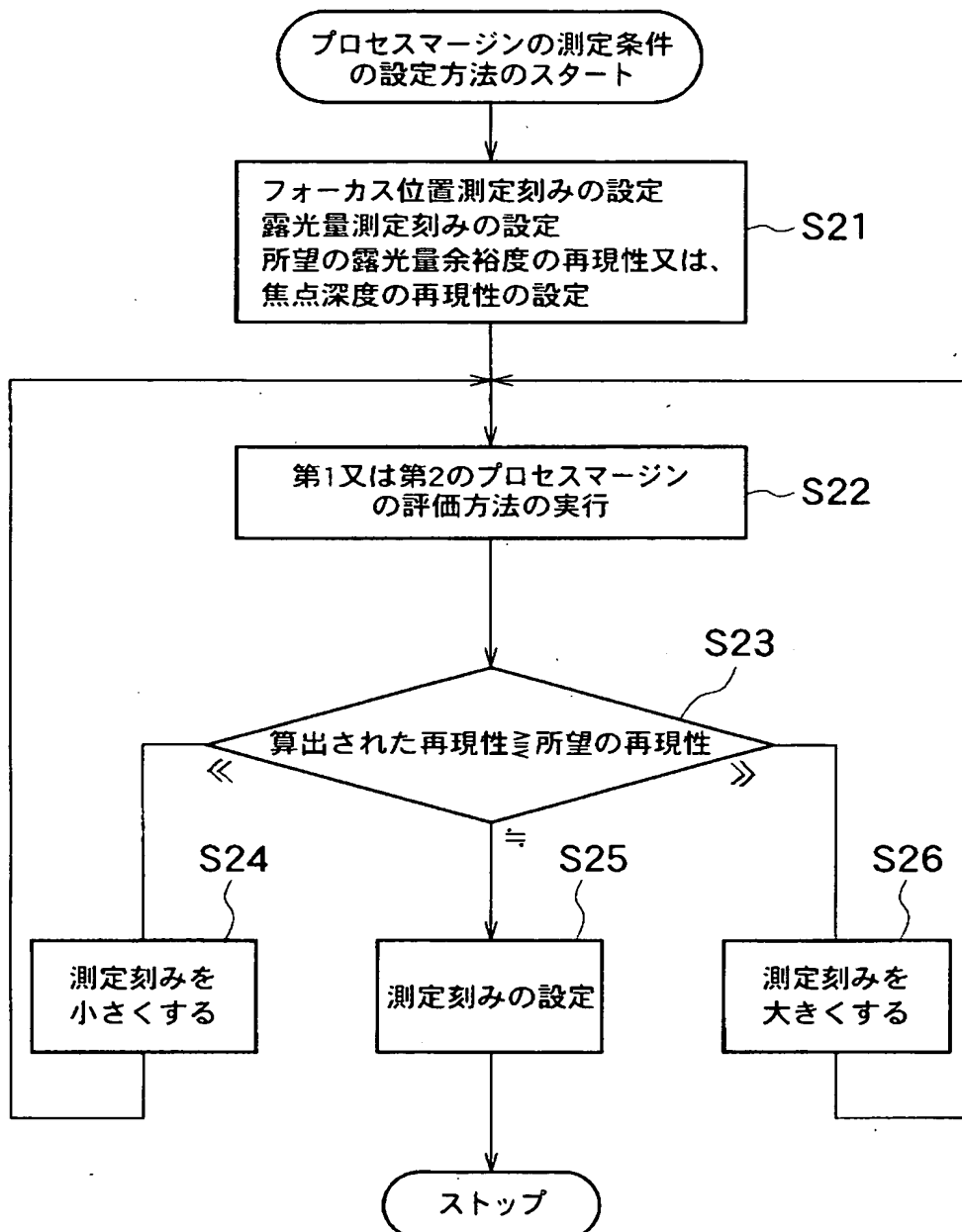
【図 1】



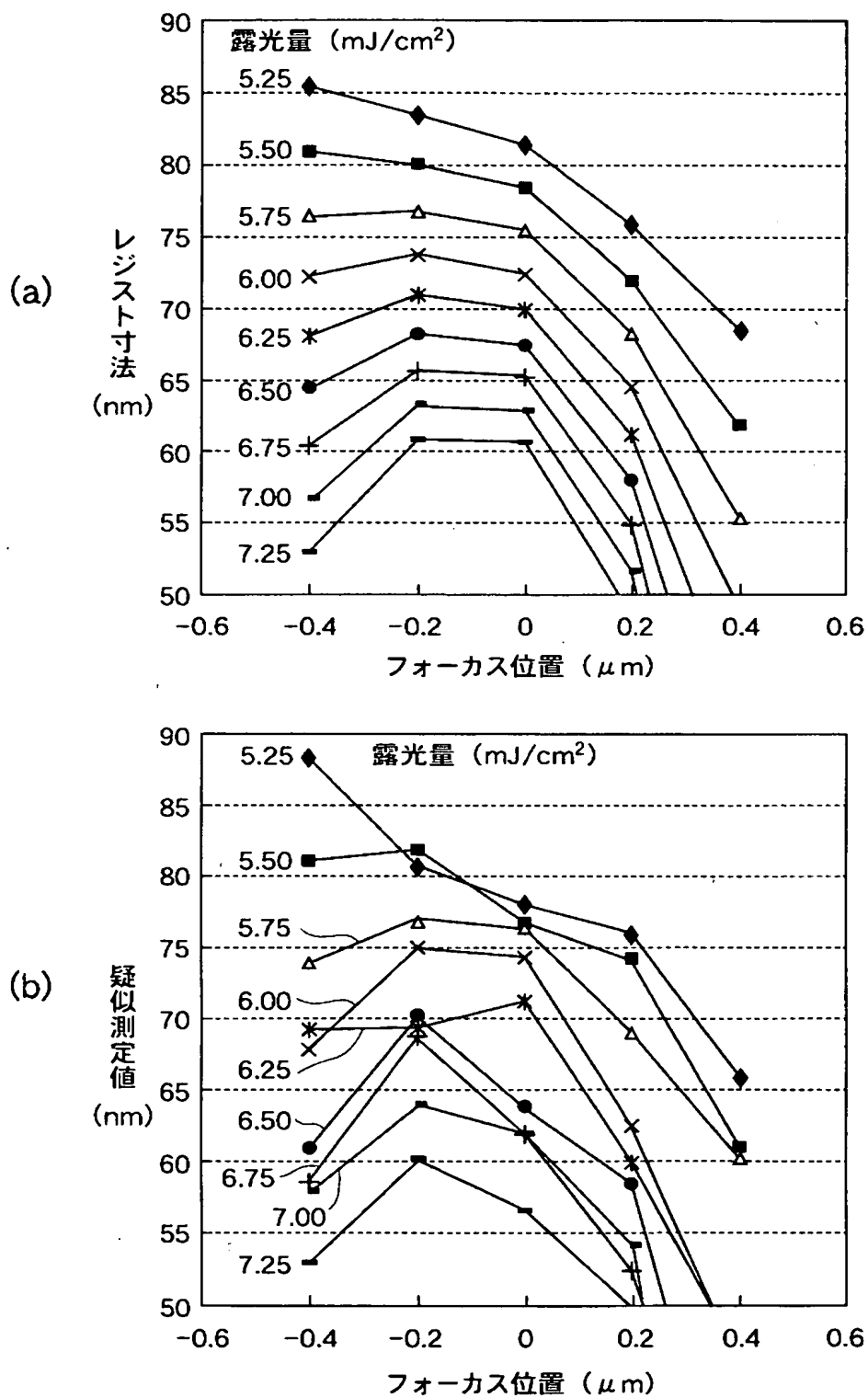
【図 2】



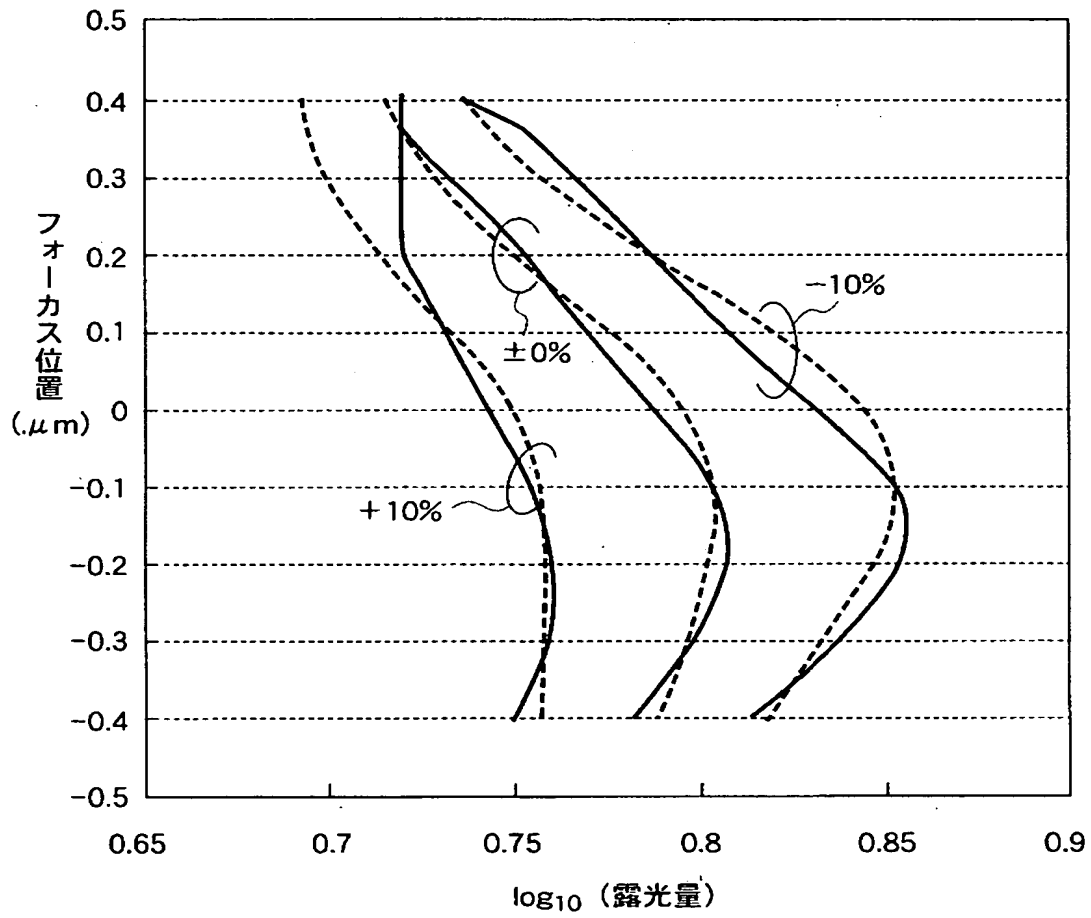
【図 3】



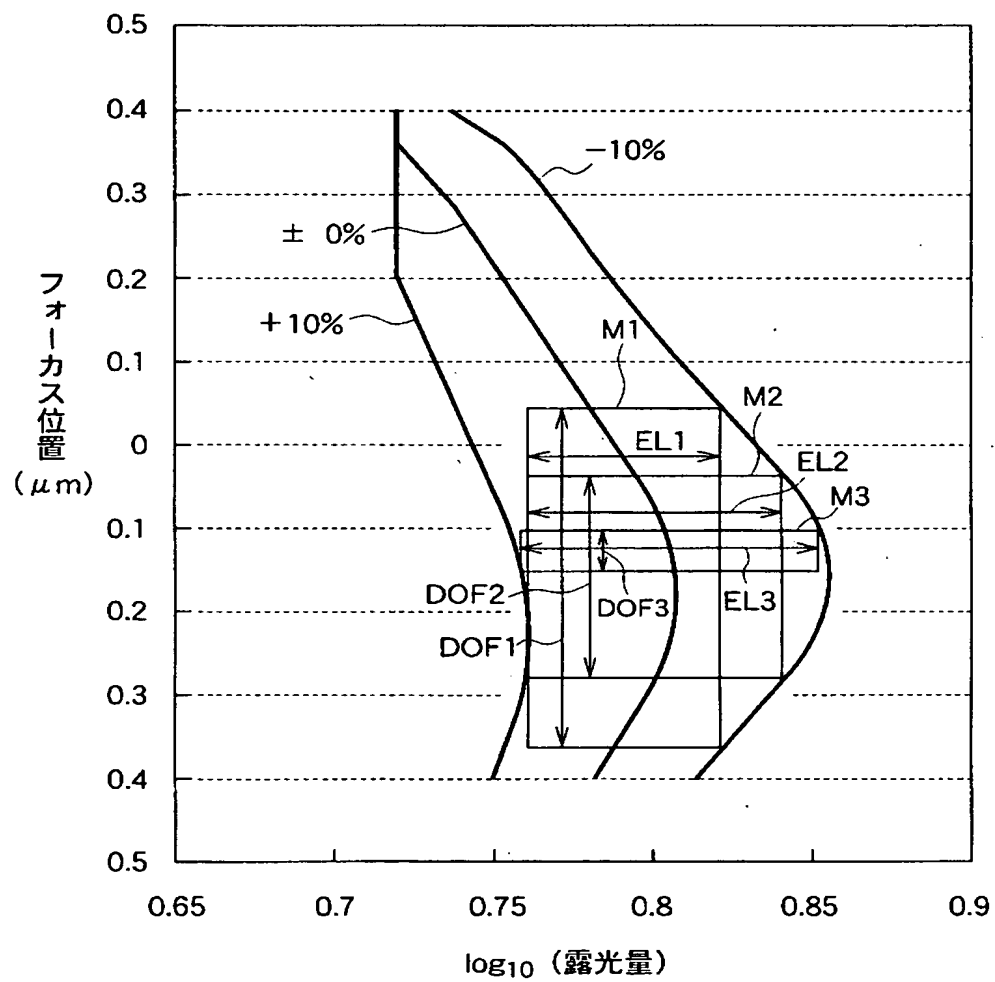
【図 4】



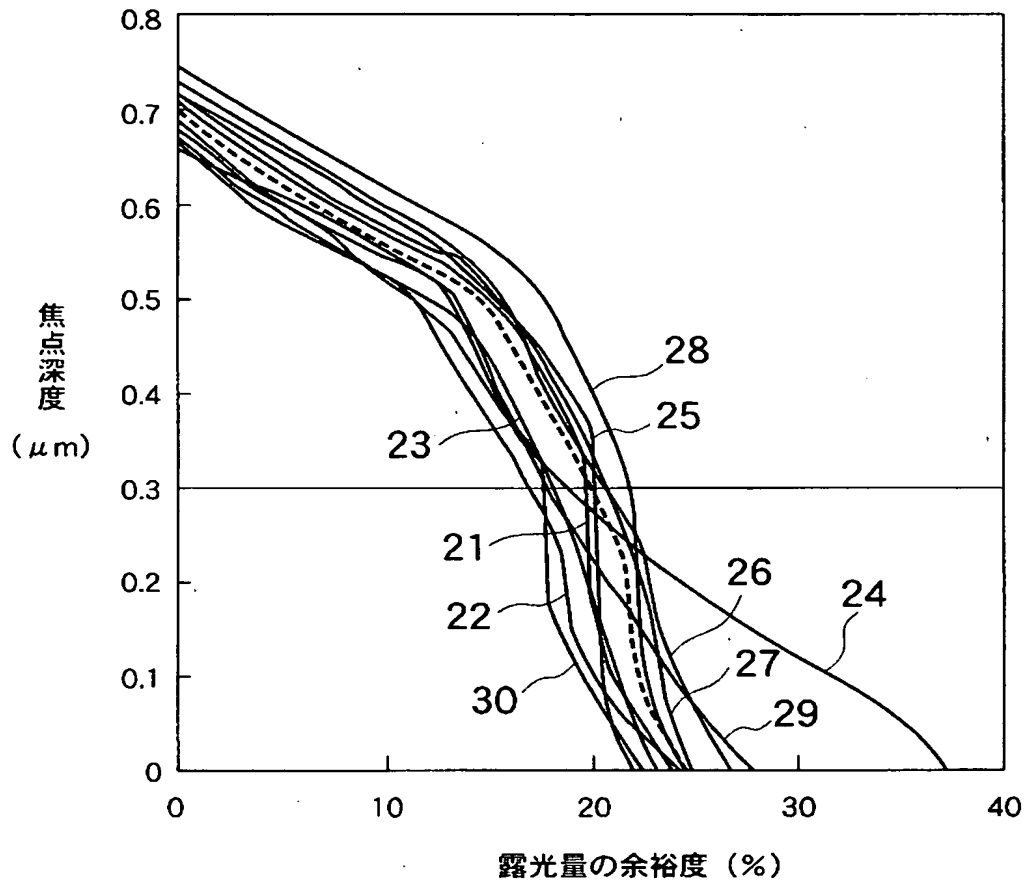
【図5】



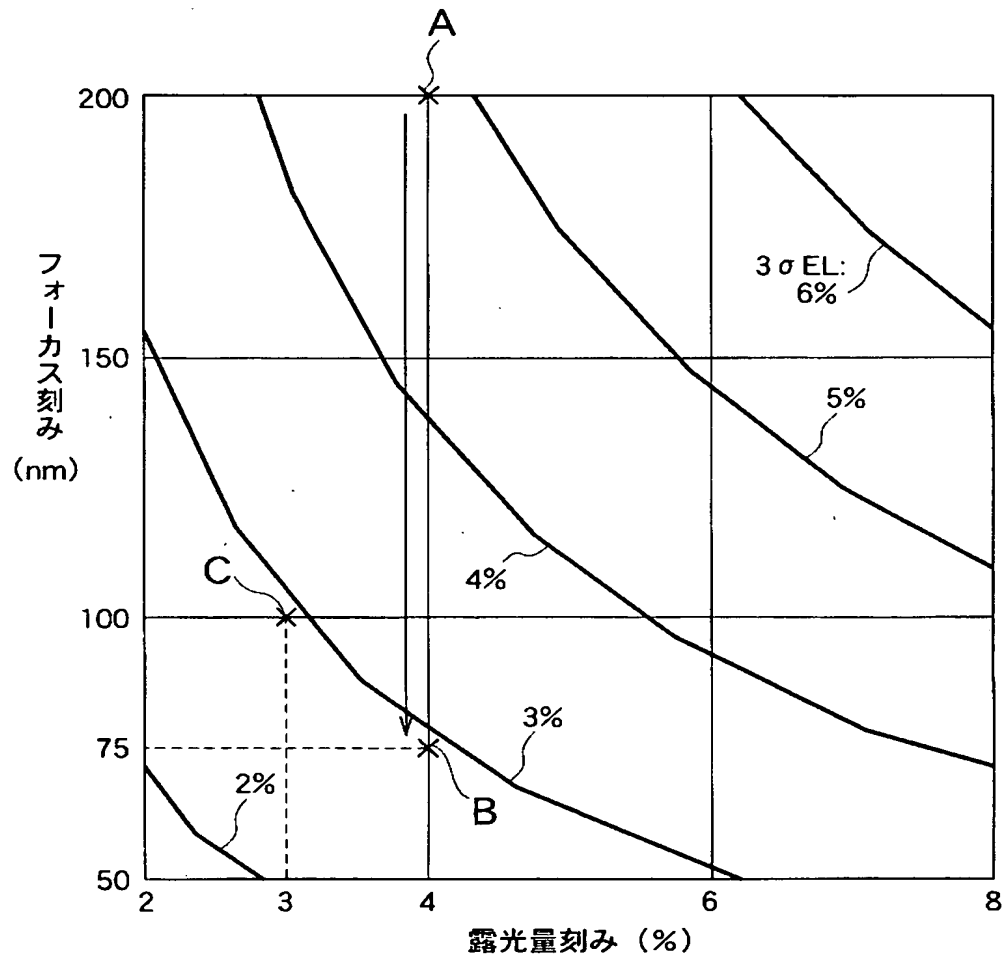
【図 6】



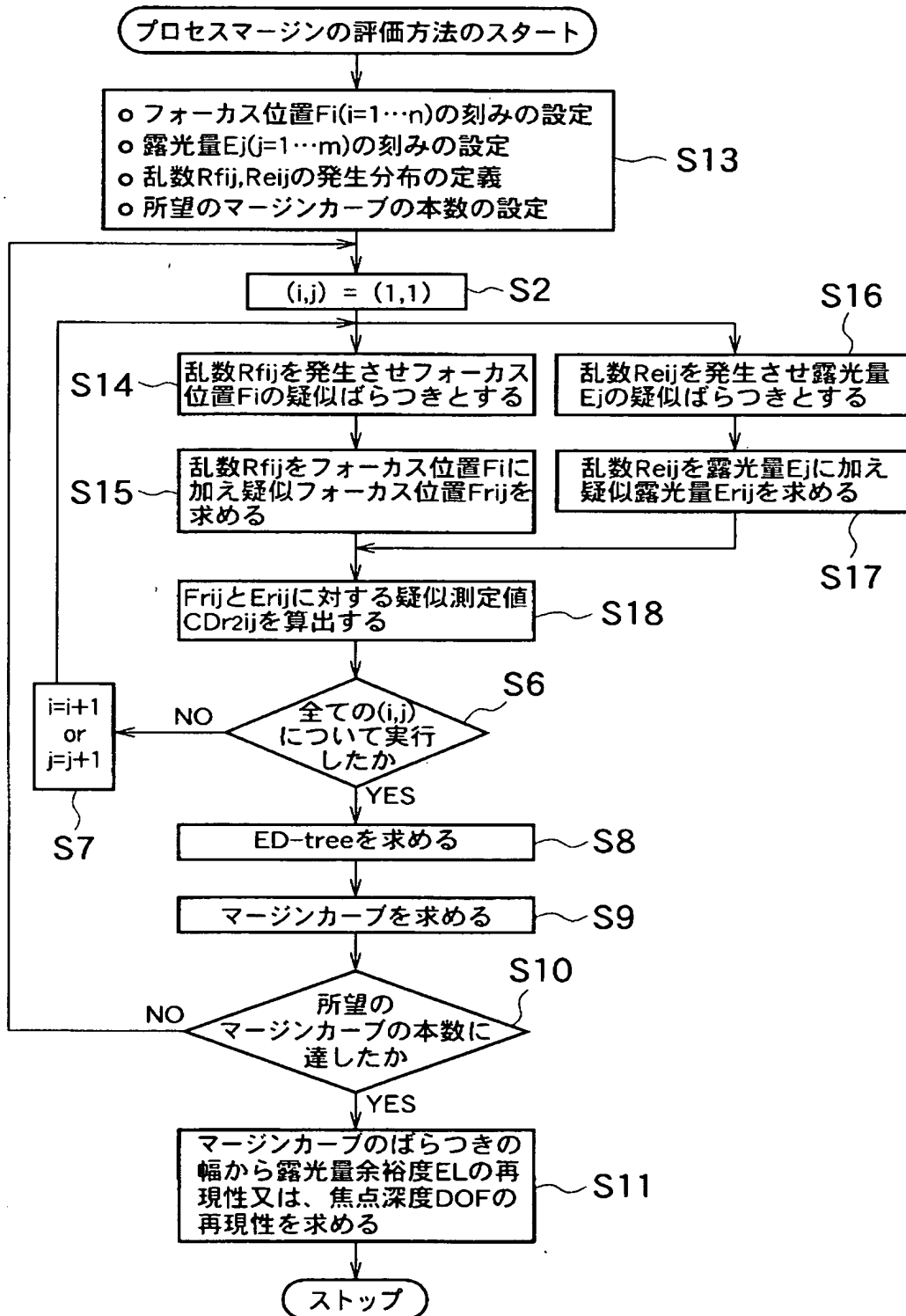
【図 7】



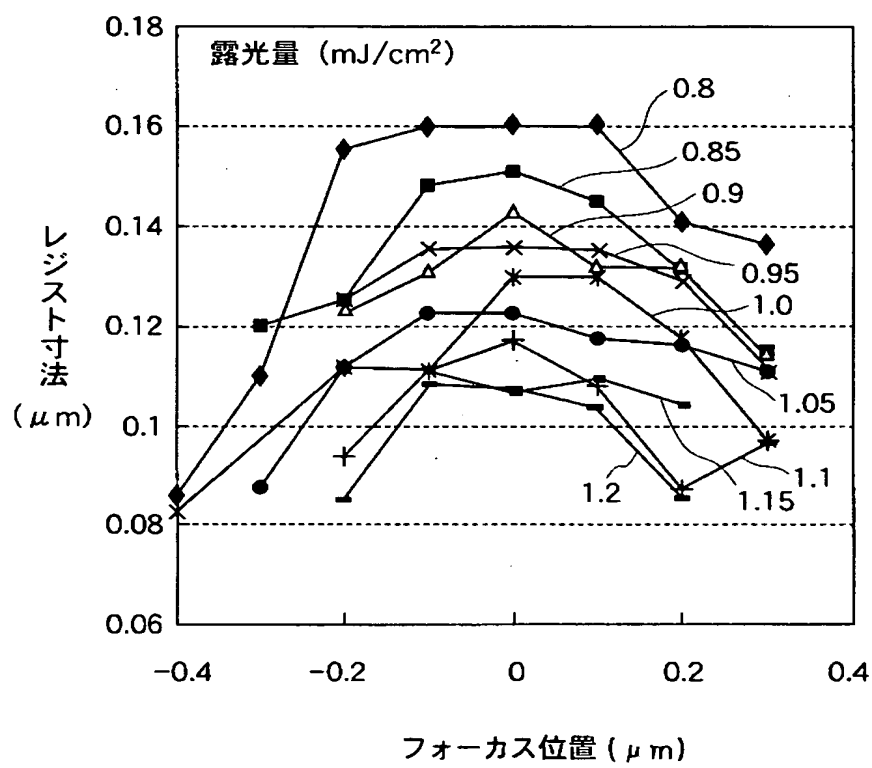
【図 8】



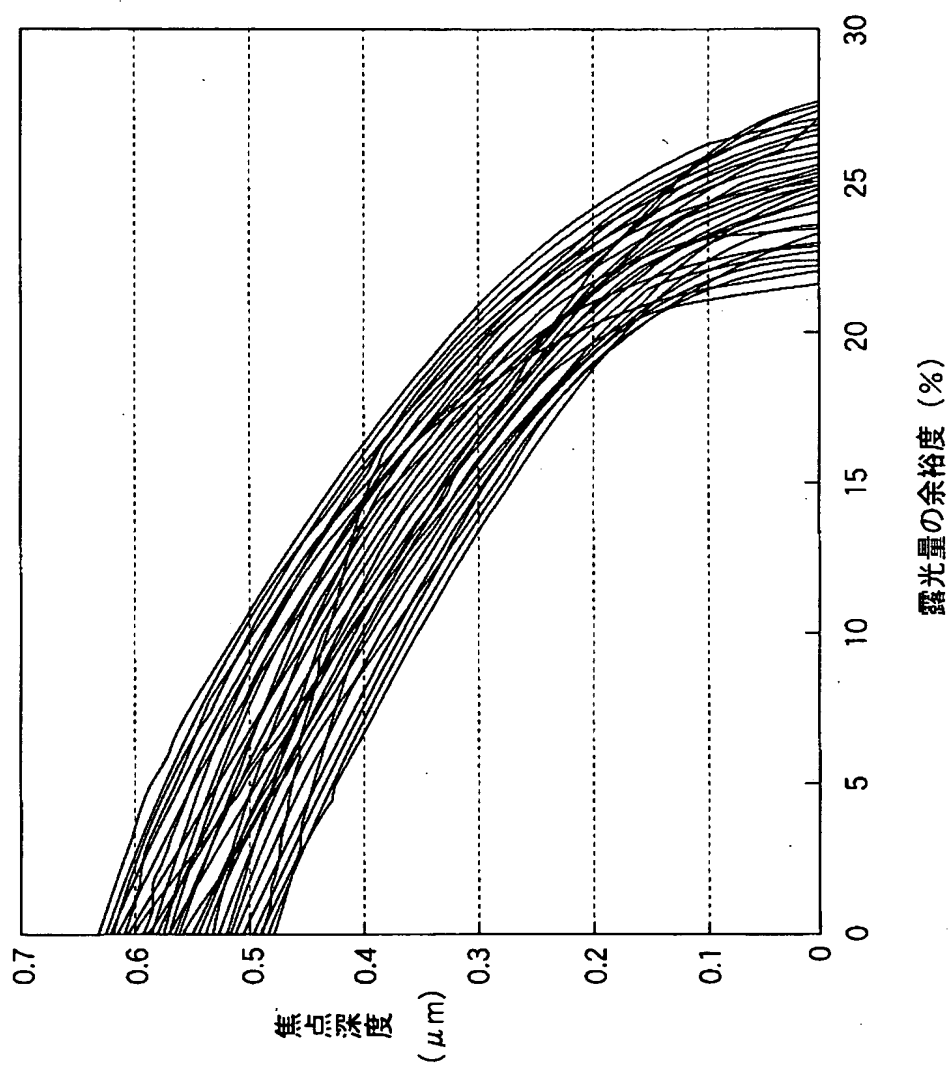
【図 9】



【図 10】



【図 11】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 プロセスマージンを正確に評価することができるプロセスマージンの評価方法を提供できる。

【解決手段】 パターンを被露光基板上に形成する露光のプロセスについて複数の露光量の設定値と複数のフォーカス位置の設定値を設定する。露光量の設定値とフォーカス位置の設定値の組合せ毎に、そのパターンの複数の疑似測定寸法を計算する。組合せ毎の疑似測定寸法に基づいて複数の E D - t r e e を計算し複数のマージンカーブを計算する。被露光基板の最大の高低差に相当する焦点深度での複数のマージンカーブの露光量の余裕度の分散を計算する。

【選択図】 図 2

特願 2002-289210

出願人履歴情報

識別番号

[000003078]

1. 変更年月日
[変更理由]

2001年 7月 2日

住所変更

住 所
氏 名

東京都港区芝浦一丁目1番1号
株式会社東芝